

KOREKSI ANALITIS "IMAGE DEFORMATION" DENGAN MENGGUNAKAN METODA "FINITE ELEMENT"

Oleh : Ir. Aryono Prihandito M.Sc*)

Intisari

Pada pemetaan secara fotogrametris, "Image Deformation" merupakan kesalahan yang akan mempengaruhi ketelitian geometris dari titik-titik yang ada pada foto udara. Koreksi dari kesalahan tersebut dapat dilakukan secara analog maupun secara analitis. Salah satu cara koreksi analitis yang terbaru adalah dengan menggunakan metoda "Finite Element".

I. Pendahuluan

Pada dekade terakhir pemetaan secara fotogrametris memegang peran penting dalam pembangunan, hal ini disebabkan karena untuk daerah yang luas mempunyai keunggulan : biaya yang lebih rendah, ketelitian yang cukup memadai dan waktu yang lebih cepat bila dibandingkan dengan pemetaan terestris. Tapi tidak boleh dilupakan bahwa pemetaan secara fotogrametris juga mempunyai problema-problema yang harus ditangani dengan baik agar mendapatkan hasil yang diharapkan. Salah satu problem yang dihadapi adalah adanya "Image Deformation" pada foto udara.

"Image Deformation" adalah pergeseran lokasi titik-titik pada foto udara yang disebabkan secara langsung ataupun tidak langsung oleh material yang digunakan dalam proses fotogrametris. Deformasi dapat terjadi pada saat pengambilan foto ("exposure"), pada saat pemrosesan foto dan selama penyimpanan foto.

beberapa sumber yang mengakibatkan "image deformation" adalah :

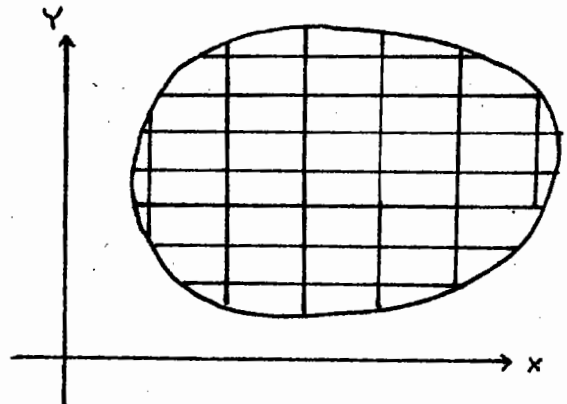
- tidak datarnya film yang digunakan
- pada saat transport film dari suatu "exposure" ke "exposure" yang lain terjadi pengembangan yang tidak merata.
- pada waktu pemrosesan negatif
- pada waktu printing diapositif
- pengembangan dan pengkerutan pada waktu penyimpanan foto
- adanya distorsi lensa
- adanya refraksi atmosfer pada saat "exposure"

-II. Konsep Metoda "Finite Element"

Menurut Norrie (Raidh, 1986), konsep metoda "Finite Element" adalah sebagai berikut :

- daerahnya dibagi ke dalam elemen-elemen yang sama bentuk
- penyelesaiannya dilakukan elemen demi elemen.

Untuk analisis dua dimensi seperti foto udara, bentuk elemen yang paling sederhana adalah bentuk segitiga dan segiempat.



Gambar 1. Pembagian menjadi elemen-elemen

Elemen berbentuk segitiga :

Fungsinya berbentuk $V(x, y) = a_1 + a_2x + a_3y \dots (1)$
Bidang foto dibagi dalam bentuk elemen segitiga. Dengan anggapan bahwa setiap titik pada foto mempunyai jarak fokus yang berbeda, maka bentuk kondisi "collinearity" adalah sebagai berikut :

$$\left. \begin{aligned} x_{ij} - x_{p,i} &= f_{ij} (X'/Z')_{ij} \\ y_{ij} - y_{p,i} &= f_{ij} (Y'/Z')_{ij} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

Dalam hal ini :
$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix}_{ij} = M_j \begin{bmatrix} X_j - X^c_i \\ Y_j - Y^c_i \\ Z_j - Z^c_i \end{bmatrix} \dots (3)$$

x_{pi}, y_{pi} = koordinat "principal point" pada foto i
 f_{ij} = jarak fokus di titik j pada foto i
 x_{ij}, y_{ij} = koordinat foto di titik j pada foto i
 X_j, Y_j, Z_j = koordinat objek pada titik j
 X^c_i, Y^c_i, Z^c_i = koordinat "exposure station" untuk foto i
 M_i = matriks rotasi (M_k, M_ϕ, M_ω) pada foto i

Pers. (2) dilinearkan dengan deret Taylor yang ditulis dalam notasi matriks (ASP, 1980) :

$$V + A'X' + A''X'' + A'''X''' = E \dots (4)$$

X' = vektor koreksi dari "exterior" orientasi dan koordinat "principal point"
 X'' = vektor koreksi daripada jarak fokus
 X''' = vektor koreksi dari koordinat objek
 A' = matriks derivatif partial dari pers. "collinearity" terhadap parameter "exterior" orientasi dan koordinat "principal point"
 A'' = matriks derivatif partial dari pers. "collinearity" terhadap jarak fokus
 A''' = matriks derivatif partial dari pers. "collinearity" terhadap koordinat objek
 V = vektor residu
 E = kesalahan penutup.

Persamaan normalnya (Brown, 1971) :

$$\begin{bmatrix} A'^T P A' + P' A'^T P A'' & A'^T P A''' \\ \text{simetris} & A''^T P A'' + P'' A''^T P A''' \\ & A'''^T P A''' + P''' \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X' \\ X'' \\ X''' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A'^T P E - P' E' \\ A''^T P E - P'' E'' \\ A'''^T P E - P''' E''' \end{bmatrix} \dots (5)$$

P, P', P'', P''' masing-masing merupakan matrik berat dari koordinat bayangan, elemen "exterior" orientasi dan koordinat "principal point", jarak fokus pada masing-masing titik dan koordinat objek. Sedang E', E'', E''' merupakan vektor residu antara hasil pengamatan dan hasil hitungan. Persamaan (5) merupakan pers. normal untuk perataan "bundle" (bundle adjustment) dari blok fotogrametri dengan "finite element".

Elemen berbentuk segiempat :

Fungsinya berbentuk :

$$V(x, y) = a_1 + a_2x + a_3y + a_4xy \dots (6)$$

Pers. (6) dapat ditulis dengan menggunakan fungsi dari titik sudut segiempat.

Gambar 2. Segiempat Grid

$$V = [1 - x/a, x/a] \begin{bmatrix} V_{i,j} & V_{i+1,j} \\ V_{i,j+1} & V_{i+1,j+1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 - y/b \\ y/b \end{bmatrix} \dots (7)$$

a = besarnya sisi grid pada arah x
 b = besarnya sisi grid pada arah y
 x, y = elemen dari koordinat lokal dengan pusat titik (i, j)

Untuk elemen berbentuk segiempat, pers. (2) dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} x_{ij} - x_{pi} &= g(f) (X'/Z')_{ij} \\ y_{ij} - y_{pi} &= g(f) (Y'/Z')_{ij} \dots (8) \end{aligned}$$

Dalam hal ini :

$$g(f) = [1 - x/a, x/a] \begin{bmatrix} f_{i,j} & f_{i+1,j} \\ f_{i,j+1} & f_{i+1,j+1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 - y/b \\ y/b \end{bmatrix}$$

$f_{i,j}$ = jarak fokus dari titik i, j
 a, b = dimensi segiempat pada arah x, y

Dengan menggunakan pers. (5) dapat dihasilkan koreksi koordinat-koordinat foto sebagai akibat adanya "image deformation".

III. Kesimpulan

1. Di dalam fotogrametris kesalahan sistematis yang diakibatkan karena pengembangan dan pengkerutan film, distorsi lensa dan tidak datarnya film akan sulit untuk dikoreksikan pada seluruh bidang foto. Penggunaan model matematis untuk koreksi kesalahan tersebut dapat menimbulkan kesalahan baru yang akan mempengaruhi ketelitian. Dengan metoda "finite element" masih akan mengalami problem yang sama, tetapi dengan membagi bidang foto ke dalam elemen-elemen, akan dapat menyajikan koreksi kesalahan sistematis yang lebih baik.

2. Ketelitian yang didapat dengan menggunakan metoda "finite element" akan tergantung pada ketelitian pengukuran koordinat foto.

Daftar Pustaka

American Society of Photogrammetry, 1980, *Manual of Photogrammetry*. 4th Edition, Wisconsin.

Brown, D.C., 1971, *Close-Range Camera Calibration*, Photogrammetric Engineering, vol. 37, No. 8, 855 — 866.

Norrie, D.H., and G.De Vries, 1973. *The Finite Element Method*, Academic Press Inc., New York;

Munja, R., 1982, *The Applications of the Finite Method in Photogrammetry*, Ph.D. Dissertation, University of Washington.

Raidh, 1986, *Self-Calibration Using the Finite Element Approach*, Photogrammetric Engineering And Remote Sensing, vol. 52, No. 3, 411 — 418.